

Three-dimensional image recording method e.g. for monitoring movements and persons in given space

Patent Number: DE19757595
Publication date: 1999-07-01
Inventor(s): MENGEL PETER DR RER NAT (DE); DOEMENS GUENTER DR (DE)
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)
Requested Patent: DE19757595
Application Number: DE19971057595 19971223
Priority Number(s): DE19971057595 19971223
IPC Classification: G01S17/06
EC Classification: G01S17/89, B60N2/00C, G01S7/48A, G01S17/02D
Equivalents:

Abstract

The method involves recording a three-dimensional image of spatial objects by using a randomly accessible opto-electronic sensor (4) with a pixel resolution, whose integration time is adjustable for each pixel. The object (1) is illuminated with at least one light pulse (2), and light pulses (3) with a first duration are reflected by object points (G) on corresponding image points of the sensor. The reflected light pulses are recorded within a predetermined short integration time, smaller than the first duration. A point in time for the start of the integration time lies before the appearance of a first reflected light pulse which corresponds to the nearest object point. Distance values are determined from the different intensities corresponding to different run-times of the reflected light pulses.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**

⑩ **DE 197 57 595 A 1**

1 1997 P 06536

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 S 17/06

⑲ Aktenzeichen: 197 57 595.1
⑳ Anmeldetag: 23. 12. 97
㉑ Offenlegungstag: 1. 7. 99

DE 197 57 595 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Mengel, Peter, Dr.rer.nat., 82223 Eichenau, DE;
Doemens, Günter, Dr., 83607 Holzkirchen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

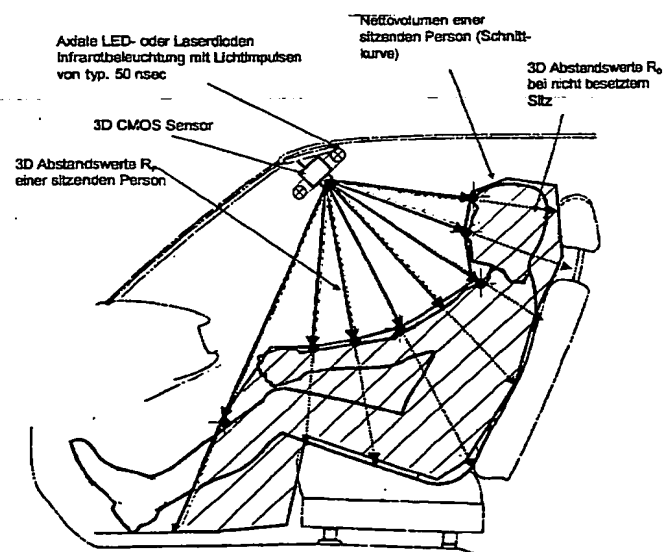
DE 1 96 19 186 C1
DE 41 29 912 C1
DE 38 39 513 C2
DE 37 32 347 C1
EP 01 5 12 57 A2/ A3

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes

⑤⑦ Verfahren und Vorrichtung zur gleichzeitigen Erzeugung eines Grauwert- bzw. Intensitätsbildes und eines dreidimensionalen Abstandsbildes von räumlichen Objekten, wobei eine Kurzzeitbelichtung, beispielsweise durch LED-Dioden des Objektes durchgeführt wird. Als Bildsensor wird ein Sensor mit hoher Lichtempfindlichkeit eingesetzt, der pixelauflösend und wahlfrei auslesbar ist, sowie eine für jedes Pixel einstellbare Integrationszeit aufweist. Als Ergebnis lassen sich dreidimensionale Abstandsbilder mit hoher Zuverlässigkeit in beispielsweise maximal 5 ns aufnehmen.



DE 197 57 595 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes von räumlichen Objekten.

Dreidimensional aufnehmende und verarbeitende Sensorsysteme gewinnen für verschiedenste Aufgabenstellungen in der industriellen Technik zunehmend an Bedeutung. Bekannte optische Radarsysteme, wie beispielsweise Laserradar basieren entweder auf dem Prinzip der Laserimpuls-Laufzeitmessung oder auf der Bestimmung der Phasendifferenz von moduliertem Laserlicht zur Ableitung der Objektdistanz. Zum Aufbau eines dreidimensionalen bildgebenden Systemes sind zusätzliche mechanische Scaneinrichtungen erforderlich. Dies führt zu einem relativ teuren elektronischen und mechanischen Aufwand, der den Einsatz solcher dreidimensionalen Systeme auf wenige Spezialanwendungen beschränkt.

Es sind Verfahren bekannt, die eine CCD-Kamera (Charged Coupled Device) einsetzen, wobei für diese Halbleiterkameras die Fernseh(TV)-Norm herangezogen wird. Somit lassen sich lediglich relativ lange Auslesezeiten erzielen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes, sowie eine Vorrichtung dazu zur Verfügung zu stellen, womit ein schnelles und kostengünstiges Verfahren zur Gewinnung eines dreidimensionalen Abstandsbildes für räumliche Objekte ohne aufwendige mechanische Einrichtungen bereitgestellt wird.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. des Anspruches 13.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß unter Einsatz eines bildpunktauflösenden (pixelauflösenden) und wahlfrei auslesbaren optoelektronischen Sensors, dessen Integrationszeit punktweise einstellbar ist, eine extrem schnelle Bildaufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes möglich ist. Dazu wird das Objekt mit einem oder mehreren sehr kurzen Lichtimpulsen beleuchtet, woraufhin Lichtimpulse der gleichen Länge vom Objekt zurückgestreut werden. Diese zurückgestreuten Lichtimpulse werden über eine entsprechende Optik auf den optoelektronischen Chip geleitet. Aufgrund der unterschiedlichen Abstände unterschiedlicher Objektpunkte vom Sensor werden mit den Orten korrespondierende zurückgestreute Lichtimpulse zu unterschiedlichen Zeiten am Sensor ankommen. Für eine Abstandsmessung wird ein Zeitmeßfenster geöffnet, dessen Zeitdauer einer vorbestimmbaren Integrationszeit entspricht. Die Integrationszeit ist kleiner oder gleich der Länge der ausgesandten und damit auch der Länge der reflektierten Lichtimpulse. Somit ist sichergestellt, daß der erste in den Sensor einfallende zurückgestreute Lichtimpuls mehr oder weniger vollständig aufgenommen wird. Die zeitverzögert eintreffenden Lichtimpulse werden hinten abgeschnitten, so daß aufgrund der unterschiedlichen Ladungen im Raster des optoelektronischen Sensors die unterschiedlichen Laufzeiten in Ladungsunterschiede umgesetzt werden können. Daraus läßt sich ein dreidimensionales Abstandsbild errechnen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden mit einer sehr langen Integrationszeit sämtliche Lichtimpulse gleichzeitig mit der zuerst beschriebenen Messung oder zeitversetzt danach mit ihrer vollständigen Länge aufgenommen. Dies wird zur Normierung benutzt, so daß Unterschiede im Reflexionsverhalten des Objektes erkannt und ausgeglichen werden können.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen können den Unteransprüchen entnommen werden.

Die wesentlichen Vorteile der Erfindung liegen darin, daß

beispielsweise mechanische Shutter entfallen. Es können extrem kurze Bildaufnahmezeiten realisiert werden. Der verwendete optoelektronische Sensor wird allgemein als CMOS-Sensor bezeichnet, wobei dies lediglich die technologische Bezeichnung des Halbleiterbauelementes ist. Mit einem derartigen Sensor lassen sich minimale Integrationszeiten von 50 bis 30 nsec realisieren (Jitter bei weniger als 0,1%). Die technische Entwicklung schreitet bei den Integrationszeiten noch voran.

Im folgenden werden anhand von schematischen Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben.

Fig. 1 zeigt das Funktionsprinzip zur Erfassung eines dreidimensionalen Abstandsbildes mit einem CMOS-Sensor,

Fig. 2 zeigt die schematische Darstellung zur zeitlichen Verschiebung zweier Lichtimpulse im Integrationsfenster deren zugehörige Objektpunkte einen unterschiedlichen Abstand zum CMOS-Sensor besitzen,

Fig. 3 zeigt zwei Varianten des Sensors zur gleichzeitigen Erfassung von dreidimensionalen Abstandsbildern und Intensitäts- bzw. Grauwertbildern mit einem CMOS-Sensor,

Fig. 4 zeigt die schematische Darstellung der Fahrzeuginnenraumüberwachung mit einem dreidimensionalen CMOS-Sensor.

Es wird ein Verfahren zur seriellen oder gleichzeitigen Erfassung bzw. Erzeugung eines Intensitäts- und eines dreidimensionalen Abstandsbildes räumlicher Objekte mit einem optoelektronischen Sensor unter Kurzzeitbelichtung beschrieben. Das Verfahren nutzt die Laufzeitunterschiede der von den dreidimensionalen Objekten zurückgestreuten Lichtimpulse bei der bildpunktsynchronen (pixelsynchronen) Detektion am Sensor innerhalb kurzer Integrationszeiten. Dabei wird ein CMOS-Sensor eingesetzt. Dieser Sensor besitzt eine Lichtempfindlichkeit von beispielsweise 1 mLux. Weiterhin weist er eine hohe Intensitätsdynamik von bis zu 10^7 auf, einen wahlfreien Zugriff auf die einzelnen Bildpunkte (Pixel), sowie eine einstellbare Integrationszeit (Sample & Hold). Für die Messung der Ladungsmenge $Q(t)$ bei Belichtung am einzelnen Bildpunkt.

Gegenüber Verfahren die eine CCD-Kamera einsetzen, lassen sich besondere Vorteile erzielen, wie beispielsweise die parallele Erfassung von Intensitäts- und dreidimensionalen Bildern, sowie die Realisierung kurzer Bildaufnahmezeiten, die deutlich unter den Auslesezeiten von CCD-Kameras liegen. Weiterhin benötigt der CMOS keine aufwendigen mechanischen Shutter und es müssen auch keine leistungsstarken Laserlichtquellen für die Kurzzeitbelichtung eingesetzt werden.

Das Verfahren ist insbesondere für die Erkennung von Personen und Bewegungsabläufen in der Raumüberwachung, beispielsweise Fahrzeuginnen-/außenüberwachung der Automatisierung von Krananlagen sowie der Navigation geeignet.

Die wesentlichen Funktionsmerkmale werden anhand von Fig. 1 erläutert. Zunächst wird für die Beleuchtung der zu erfassenden räumlichen Objekte mit kurzen Lichtimpulsen beispielsweise < 100 ns gesorgt. Die Beleuchtung kann mit Laserlicht, wie beispielsweise mit einer gepulsten Laserdiode oder mit Lichtquellen, wie beispielsweise einer gepulsten LED-Diode erfolgen. Das Verfahren ist unabhängig vom Winkel der Beleuchtung, die nicht unbedingt zentral zur allgemeinen Detektionsrichtung erfolgen muß. So ist beispielsweise auch bei koaxialer Beleuchtung und Detektion der Einsatz eines Ringlichtes denkbar. Die in Fig. 1 dargestellte Anordnung dient nur zur schematischen Verdeutlichung des Funktionsprinzips.

Eine erste Bildaufnahme A wird mit einer kurzen Integrationszeit AA am CMOS-Sensor verbunden. Die von den

Objektpunkten G der dreidimensionalen Szene zurückgestreuten Lichtimpulse 3 der Länge Δ_L (< 100 nsec) werden an den zugehörigen Bildpunkten 9 des CMOS-Sensors innerhalb einer eingestellten kurzen Integrationszeit $\Delta_A \leq \Delta_L$ erfaßt. Durch einen elektronischen Triggerimpuls wird dabei ein fester zeitlicher Bezug zwischen ausgesandtem Lichtimpuls 2 und dem Öffnen des Integrationszeitfensters am CMOS-Sensor hergestellt. Aufgrund der Laufzeit des Lichtes ergibt sich je nach Objektstand R eine unterschiedliche zeitliche Verschiebung

$$\tau = 2R / \frac{v}{c} = \text{Lichtgeschwindigkeit}$$

zwischen ausgesandtem und am CMOS-Sensor detektierten Lichtimpuls. Die am Bildpunkt innerhalb der Integrationszeit Δ_A gemessene Ladung Q_A wird dadurch vom Abstand R zwischen Sensor und Objektpunkt G abhängig. Siehe hierzu Fig. 2.

$$Q_A \propto I_0 \cdot O_R(\Delta_L - (2R/v_c - t_D)) \quad (1)$$

I_0 Intensität des ausgesandten Lichtimpulses
 O_R Oberflächenreflexionskoeffizient am Objektpunkt G
 t_D Triggerpunktzeitverzögerung zwischen ausgesandtem Lichtimpuls und Start des Integrationsfensters am CMOS-Sensor.

Für Objektpunkte G mit gleichem Oberflächenreflexionskoeffizienten O_R wird abhängig von ihrem Abstand R eine unterschiedliche Ladung Q_A am zugehörigen Bildpunkt des CMOS-Sensors gemessen. Damit werden kleine Laufzeitunterschiede der Lichtimpulse in Ladungsänderungen Q_A transformiert. Diese können bei einem CMOS-Sensor sehr empfindlich und mit hoher Dynamik detektiert werden. Üblicherweise besitzen die Objekte einer dreidimensionalen Szene eine unterschiedliche Oberflächenreflexion. Es wird daher zur Normierung des Abstandsbildes noch eine zweite Bildaufnahme Q_B durchgeführt, die nur von der Oberflächenreflexion der Objekte der dreidimensionalen Szene abhängig ist.

Die Durchführung einer zweiten Bildaufnahme B mit langer Integrationszeit Δ_B dient zur Normierung der Oberflächenreflexion der dreidimensionalen Szene, wobei im Prinzip das herkömmliche Intensitäts- oder Grauwertbild verwendet wird. Hierzu wird am CMOS-Sensor bei einer zweiten Bildaufnahme eine Integrationszeit Δ_B eingestellt, die sehr groß gegenüber der Länge eines Beleuchtungslichtimpulses ist; $\Delta_B \gg \Delta_L$ z. B. 1 Mikrosekunde. Jetzt werden alle zurückgestreuten Lichtimpulse 3 unabhängig von ihrer Laufzeit in vollem Umfang am CMOS-Sensor detektiert. Die an einem Bildpunkt gemessene Ladung Q_B gibt sich zu

$$Q_B \propto I_0 \times O_R \Delta_L \quad (2).$$

Das erhaltene Bild ist nur von der Beleuchtungsintensität I_0 , dem Oberflächenreflexions-Koeffizienten O_R des zugehörigen Objektpunktes, sowie der Lichtimpulslänge Δ_L abhängig.

Die Erzeugung des zweidimensionalen Abstandsbildes Q_R geschieht durch die Berechnung aus der Differenz und Normierung von Bildaufnahme A und B bzw. Q_A und Q_B

$$Q_R = (Q_A - Q_B)/Q_B \quad (3).$$

Aus Gleichung (1) und (2) folgt mit $t_D = 0$ die Gleichung

$$Q_R \propto -2R/(v_c \cdot \Delta_L) \quad (4).$$

Dieser Wert kann nach Auslesen und Digitalisieren sowie zusätzlicher Skalierung für alle Bildpunkte direkt als Abstandsbild Q_R ausgegeben werden. Ist die Triggerverzögerungszeit t_D ungleich 0, so addiert sich zu allen Punkten des Abstandsbildes Q_R ein konstanter Offset

$$R_D = t_D/(v_c \cdot \Delta_L) \quad (5).$$

Die gleichzeitige Aufnahme von Intensitäts- und dreidimensionalem Bild bezieht sich auf eine Ausführung einer örtlich und zeitlich parallelen Erfassung von Intensitäts- und Abstandswerten. Hierzu wird eine Chiparchitektur und pixelbezogene Integrationszeit derart gewählt, daß direkt benachbarte Pixel A und Pixel B entsprechend der Fig. 3 auf dem CMOS-Sensor die zurückgestreuten Lichtimpulse 3 der dreidimensionalen Szene gleichzeitig mit kurzer Integrationszeit $\Delta_A \leq \Delta_L$ (für Pixel A) aufnehmen und mit langer Integrationszeit $\Delta_B \gg \Delta_L$ (für Pixel B) erfassen. Durch eine auf dem Chip integrierte elektronische Schaltung kann dann direkt das zweidimensionale Abstandsbild

$$Q_R = (Q_A - Q_B)/Q_B \quad (6)$$

der zugeordneten Pixel A und B berechnet und ausgegeben werden.

Fig. 3 zeigt dazu schematisch zwei mögliche Anordnungen auf dem CMOS-Sensor für die parallele Erfassung von Intensitäts- und dreidimensionalem Abstandsbild. Weitere Varianten hierzu sind möglich. Die gleichzeitige Erfassung von Intensitäts- und dreidimensionalem Abstandsbild ist besonders für die Analyse bewegter dreidimensionaler Szenen von Bedeutung, beispielsweise die Erfassung von Personengestik oder die Objektverfolgung. Weitere besondere Kennzeichen der Erfindung sind:

- Falls erforderlich kann eine zusätzliche Normierung des dreidimensionalen Abstandsbildes bezüglich Umgebungslicht durchgeführt werden. Hierzu wird zunächst ohne Beleuchtung der dreidimensionalen Szene bzw. des Objekts die Ladung eines Bildpunktes mit kurzer und langer Integrationszeit erfaßt und von den mit Beleuchtung gemessenen Ladungen Q_A und Q_B abgezogen. Anschließend erfolgt die Berechnung des Abstandsbildes Q_R .
- Durch zeitliche Mittelung der Signale mehrerer Lichtimpulse kann eine Erhöhung der Empfindlichkeit des Verfahrens gegenüber dem Rauschen bei geringen zurückgestreuten Lichtintensitäten erreicht werden.
- Die Meßunsicherheit für die Abstandsbestimmung hängt vom Signal/Rauschverhalten des CMOS-Sensors ab. Erwartet wird das Laufzeitunterschiede zwischen 0,1 ns noch detektiert werden können. Daraus folgt eine Meßunsicherheit von weniger als 3 cm für die Abstandsbestimmung.

Die wesentlichen Verwendungen des beschriebenen Verfahrens und der beschriebenen Vorrichtung betreffen die Überwachung von Innenräumen, insbesondere in Fahrzeugen in Verbindung mit volumetrischen Auswerteverfahren. Die Aufgabe der optischen Innenraumüberwachung bei Fahrzeugen ist die Erkennung der Sitzbelegung, wie beispielsweise Personen, Kindersitz, sonstige Objekte, die Erfassung der Sitzposition von Personen sowie der Diebstahlschutz, d. h. das unzulässige Eindringen in das Fahrzeuginnere von außen. Die Erkennung von Personen und ihrer Sitzposition ist für die stufenweise Auslösung eines Airbags (smart Airbag) von hoher sicherheitsrelevanter Bedeutung und muß im Kollisionsfall sehr zuverlässig und in kurzen

Meßzeiten erfolgen. Die Erfindung erfüllt diese Anforderungen durch eine schnelle und zuverlässige Erzeugung eines dreidimensionalen Abstandsbildes Q_R im Fahrzeuginnenraum, wobei volumetrische Auswerteverfahren eingesetzt werden. Dabei werden aus den Abstandswerten R in einem Raumwinkelement Ω die von Objekten 1 besetzten Nettovolumenanteile im Fahrzeuginnenraum als Differenz zu den Abstandswerten bei unbesetztem Fahrzeuginnenraum bestimmt (siehe hierzu Fig. 4).

Das Verfahren und die Vorrichtung liefern weitere wesentliche Vorteile, wie:

- Schnelle, globale Erfassung der aktuellen Sitzbelegung durch Differenzbildung eines dreidimensionalen Abstandsbildes vom Fahrzeuginnenraum ohne Objekte (dreidimensionales Referenzbild Q_{R0}) und dem aktuell auszuwertenden dreidimensionalen Abstandsbild mit einer Person oder einem sonstigen Objekt Q_{RP} auf einem Sitz. Dabei gilt für das Nettovolumen V_P der Sitzbelegung:

$$V_P = \int \Omega R_0(\Omega) \cdot dF - \int \Omega R_P(\Omega) \cdot dF \quad (7),$$

wobei R_0 die Abstandswerte ohne Person bzw. sonstigem Objekt und R_P die Abstandswerte mit Person bzw. sonstigem Objekt auf dem Sitz sind und dF eine differenzielle Fläche bezeichnet.

- Die adaptive Ermittlung der Sitzbelegung aus der Berechnung der relativen Abstandsänderungen vor und nach dem Einsteigen einer Person ins Fahrzeug kann durchgeführt werden. Durch Anwendung regressiver und stochastischer Auswerteverfahren kann die Zuverlässigkeit der Differenzbestimmung noch weiter gesteigert werden.

- Die Größenbestimmung der erfaßten Objekte und globale Unterscheidung von Objekten über Volumenvergleichsklassen ist möglich.

- Räumliche Zuordnung von besetzten Volumenanteilen ist möglich

- Bestimmung der räumlichen Extrempositionen (x, y, z) des besetzten Volumens im Innenraum für die Steuerung der Airbag Auslösung kann bestimmt werden.

- Volumetrische Verfolgung von Bewegungsabläufen im Raum bei zeitlich aufeinanderfolgenden Bildaufnahmen und Differenzbildung. Erkennung von Personen und Gestik aus der Bewegungsanalyse.

Diese integrale Volumenbetrachtung ermöglicht eine globale Erfassung von Objekten und Positionen im Raum und ist nicht auf die Bestimmung von Merkmalen, wie beispielsweise Konturen, Ecken, Kanten im Bild zur Objekterkennung angewiesen. Die Auswertezeiten können für die dreidimensionale Bildaufnahme und volumetrische Auswertung unter 10 ms liegen.

Als Anwendungsgebiet des beschriebenen Verfahrens und der Vorrichtung kommt insbesondere ein Fahrzeuginnenraum in Frage. Dabei wird für die dreidimensionale Bildaufnahme mit LED-Lichtimpulsen von beispielsweise 50 ns (Nanosekunden) ein Objekt belichtet. Die Integrationszeiten am CMOS-Sensor werden für die Bildaufnahme Q_A zu 50 ns und für die Bildaufnahme Q_B zu 0,5 μ s, gewählt. Die zu erfassende Szenendynamik im Fahrzeuginnenraum soll 200 : 1 betragen. Die Abstandswerte R sollen mit einer Meßunsicherheit < 15 cm (entsprechender Laufzeitunterschied eines Lichtimpulses = 1 ns) in einem Meßbereich bis 1,5 m (Laufzeit 10 ns) erfaßt werden.

Mit diesen Anforderungen wird am CMOS Sensor eine Intensitätsdynamik von $(10 \times 200 =) 2000 : 1$ erforderlich.

Die digitale Erfassung des dreidimensionalen Abstandsbildes Q_R wird damit durch einen 12 Bit A/D Wandler gewährleistet. Für eine Sensorortsauflösung von 50×50 Bildpunkten werden für die Bildaufnahmen A mit kurzer Integrationszeit und B mit langer Integrationszeit maximal 10^4 Ausleseoperationen notwendig, die bei Auslesefrequenzen, von beispielsweise 2 MHz zu einer gesamten Bildaufnahmezeit für das dreidimensionale Abstandsbild von maximal 5 ms führen. Die Berechnung der Differenzvolumina aus den 2500 Abstandswerten ist mit einem schnellen Prozessor, wie beispielsweise einem Pentium mit 200 Mhz in weiteren 5 ms ohne Schwierigkeit ausführbar.

In Fig. 4 wird ein Schema für eine Anwendung der Erfindung in Fahrzeuginnenräumen dargestellt. Die Pfeile mit gepunkteten Linien sind stellvertretend für einen nichtbelegten Sitz und die mit durchgezogenen Linien für einen mit einer Person belegten Sitz. Für die globale Objekterkennung und Positionsbestimmung wird der umhüllende Nettovolumenanteil aus den dreidimensionalen Abstandsdaten bei besetztem und bei unbesetztem Fahrzeug bestimmt. Das Nettovolumen V_P einer Person oder eines sonstigen Objektes auf einem Autositz berechnet sich nach Gleichung (7).

Bezugszeichenliste

- 1 Objekt
- 2 Lichtimpuls der Länge Δ_L
- 3 Lichtimpuls der Länge Δ_L , zurückgestreut
- 4 Sensor
- 5 Beleuchtungseinrichtung
- 6, 7 Optik
- 8 Triggereinrichtung
- 9 Bildpunktelement
- G Objektpunkt
- Δ_A, Δ_B Integrationszeit

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandsbildes von räumlichen Objekten unter Einsatz eines bildpunktauflösenden und wahlfrei auslesbaren optoelektronischen Sensors (4), dessen Integrationszeit Δ bildpunktweise einstellbar ist, bestehend aus folgenden Schritten:

- das Objekt (1) wird mit mindestens einem Lichtimpuls (2) beleuchtet,
- von Objektpunkten (G) zurückgestreute Lichtimpulse (3) mit einer Zeitdauer Δ_L werden an zugehörigen Bildpunkten des Sensor (4) innerhalb einer vorgegebenen kurzen Integrationszeit Δ_A , mit $\Delta_A \leq \Delta_L$ erfaßt, wobei der Zeitpunkt für den Beginn der Integrationszeit Δ_A vor dem Eintreffen des ersten zurückgestreuten Lichtimpulses (3) liegt, der dem nächstliegenden Objektpunkt (G) entspricht,
- aus den entsprechend ihrer unterschiedlichen Laufzeiten resultierenden unterschiedlichen aufgenommenen Intensitäten der zurückgestreuten Lichtimpulse (3) werden Abstandswerte ermittelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, worin zur gleichzeitigen oder nachfolgenden Normierung der Oberflächenreflexion des Objektes (1) zusätzlich sämtliche zurückgestreuten Lichtimpulse (3) mit einer langen Integrationszeit $\Delta_B \gg \Delta_L$ vollständig erfaßt werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Beginn einer Integrationszeit $\Delta_A; \Delta_B$ mit einer Triggerimpulsverzögerung verbunden ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

che, worin eine Integrationszeit Δ_A weniger, als 100 ns beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Integrationszeit Δ_B ca. 1 μ s beträgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Lichtimpulslänge weniger, als 100 ns beträgt. 5

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-6, worin zur gleichzeitigen Aufnahme eines dreidimensionalen und eines Grauwertbildes auf dem Sensor (4) zeilenweise unterschiedliche Integrationszeiten Δ_A bzw. Δ_B eingestellt werden. 10

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-6, worin zur gleichzeitigen Aufnahme eines dreidimensionalen und eines Grauwertbildes auf dem Sensor (4) bildpunktweise unterschiedliche Integrationszeiten Δ_A bzw. Δ_B abwechselnd eingestellt werden. 15

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin das Objekt (1) mit Lichtimpulsen eines Lasers oder einer gepulsten Leuchtdiode beleuchtet wird. 20

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Sensor (4) ein CMOS Sensor ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Erkennung von statischen Objekten und/oder von Bewegungsabläufen vorgenommen wird. 25

12. Verfahren nach Anspruch 11, worin Objekte überwacht werden, wie Gegenstände oder Personen in Räumen oder in Fahrzeuge.

13. Verfahren nach Anspruch 11, worin Fahrzeuge oder Krananlagen überwacht werden und/oder worin eine allgemeine Navigation vorgenommen wird. 30

14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, worin eine Sitzbelegung und/oder eine Sitzposition in einem Fahrzeug erkannt wird. 35

15. Vorrichtung zur Aufnahme eines dreidimensionalen Abstandbildes, bestehend aus:

- einer Beleuchtungseinrichtung (5), die ausgesandte Lichtimpulse (2) über eine Optik (6) auf ein Objekt (1) richtet, 40

- einem optoelektronischen Sensor (4) mit einer vorgeschalteten Optik (7), der die vom Objekt (1) zurückgestreuten Lichtimpulse (3) detektiert, wobei der Sensor (4) durch eine Vielzahl von Bildpunktelementen (9) bildpunktauflösend aufgebaut und wahlfrei auslesbar ist und die Integrationszeit Δ bildpunktweise einstellbar ist, 45

- einer Triggereinrichtung (8) zur zeitlichen Abstimmung zwischen Beleuchtungseinrichtung (5) und Sensor (4), 50

- einer Recheneinheit zur Berechnung eines dreidimensionalen Bildes aus den den entsprechenden Ladungen der Bildpunkte.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, worin an den Bildpunktelementen (9) des Sensors (4) zeilen- oder spaltenweise abwechselnd eine kurze Integrationszeit Δ_A und eine lange Integrationszeit Δ_B eingestellt ist. 55

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, worin an den Bildpunktelementen (9) des Sensors (4) abwechselnd kurze und lange Integrationszeiten Δ_A bzw. Δ_B eingestellt sind. 60

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15-17, worin die Recheneinheit auf dem Sensor (4) angeordnet ist. 65

- Leerseite -

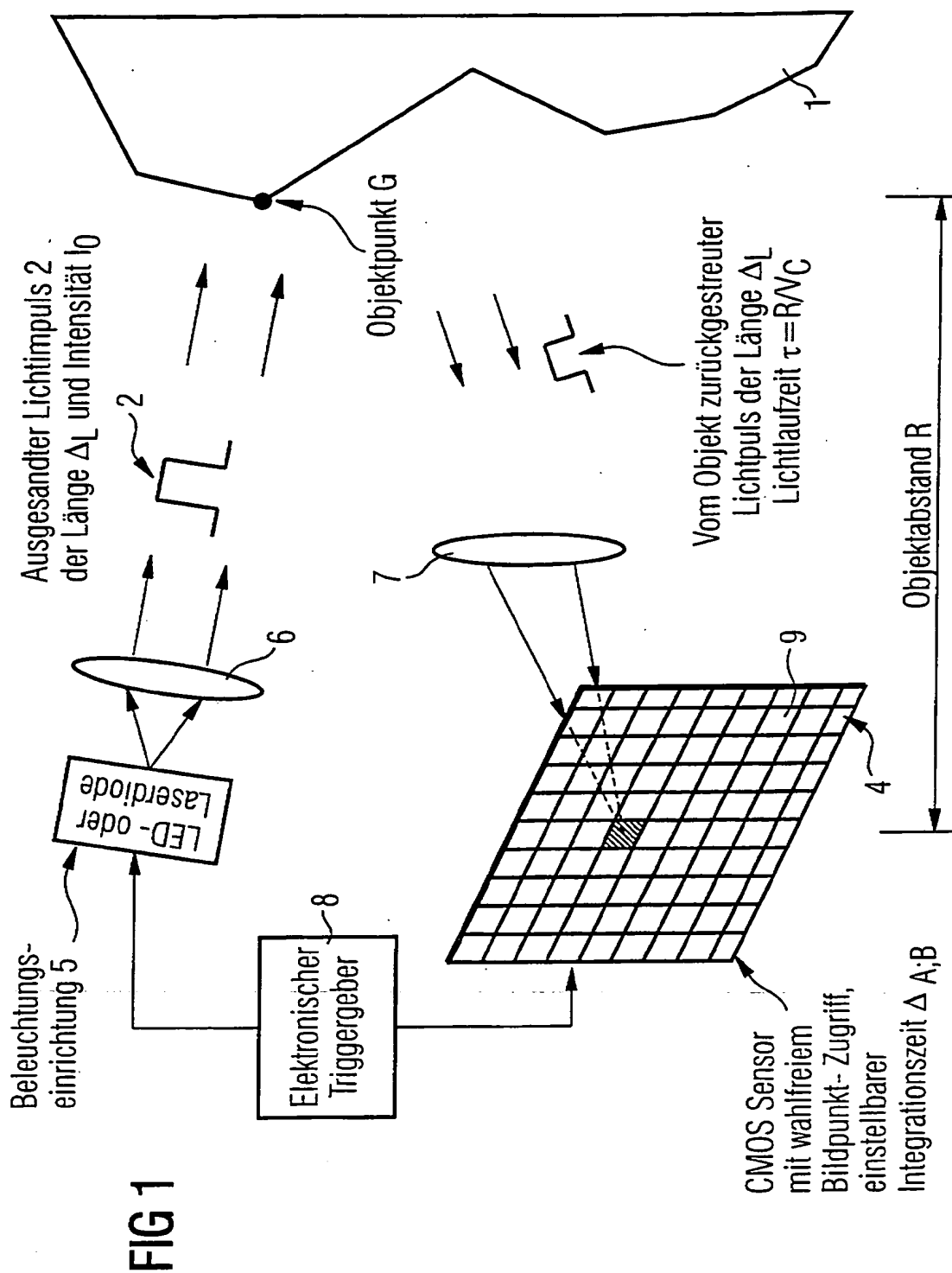


FIG 2

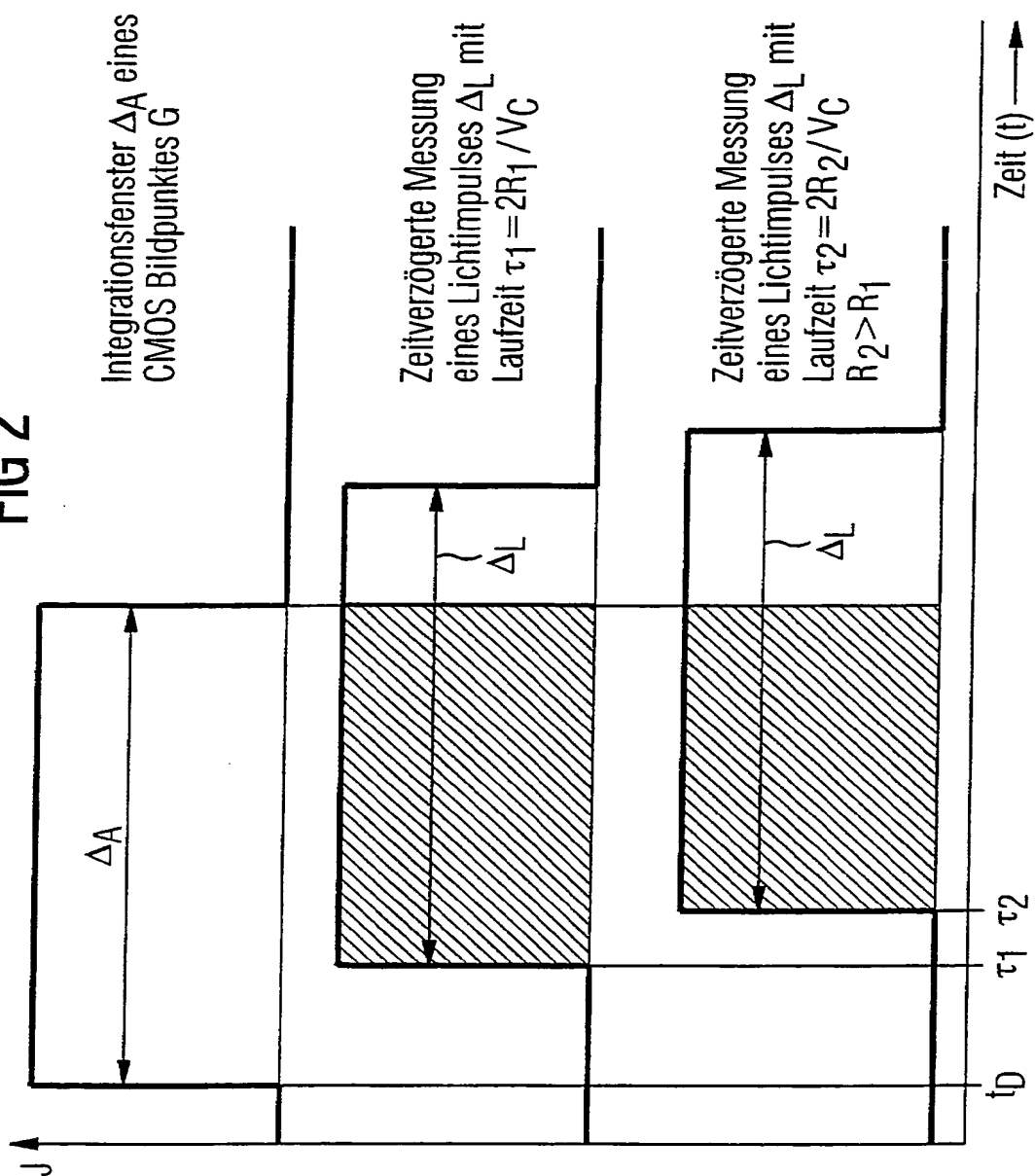


FIG 3

CMOS Sensor mit zeilenweise unterschiedlicher Integrationszeit für Bildpunkt A, B.

A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B
A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B
A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B
A	A	A	A	A	A

Bildpunkt A: Kurze Integrationszeit $\Delta A \leq \Delta L$
Bildpunkt B: Lange Integrationszeit $\Delta B > \Delta L$

Intensitätsbild :

Zeilenweise Auslesen der Bildpunkte B

3D Abstandsbild :

Zeilenweise Differenzbildung und Normierung
(Bildpunkt A - Bildpunkt B)/Bildpunkt B

CMOS Sensor mit pixelweise unterschiedlicher integrationszeit für Bildpunkt A, B.

...
A	B	A	B	A
B	A	B	A	B
A	B	A	B	A
B	A	B	A	B
A	B	A	B	A
B	A	B	A	B

Intensitätsbild :

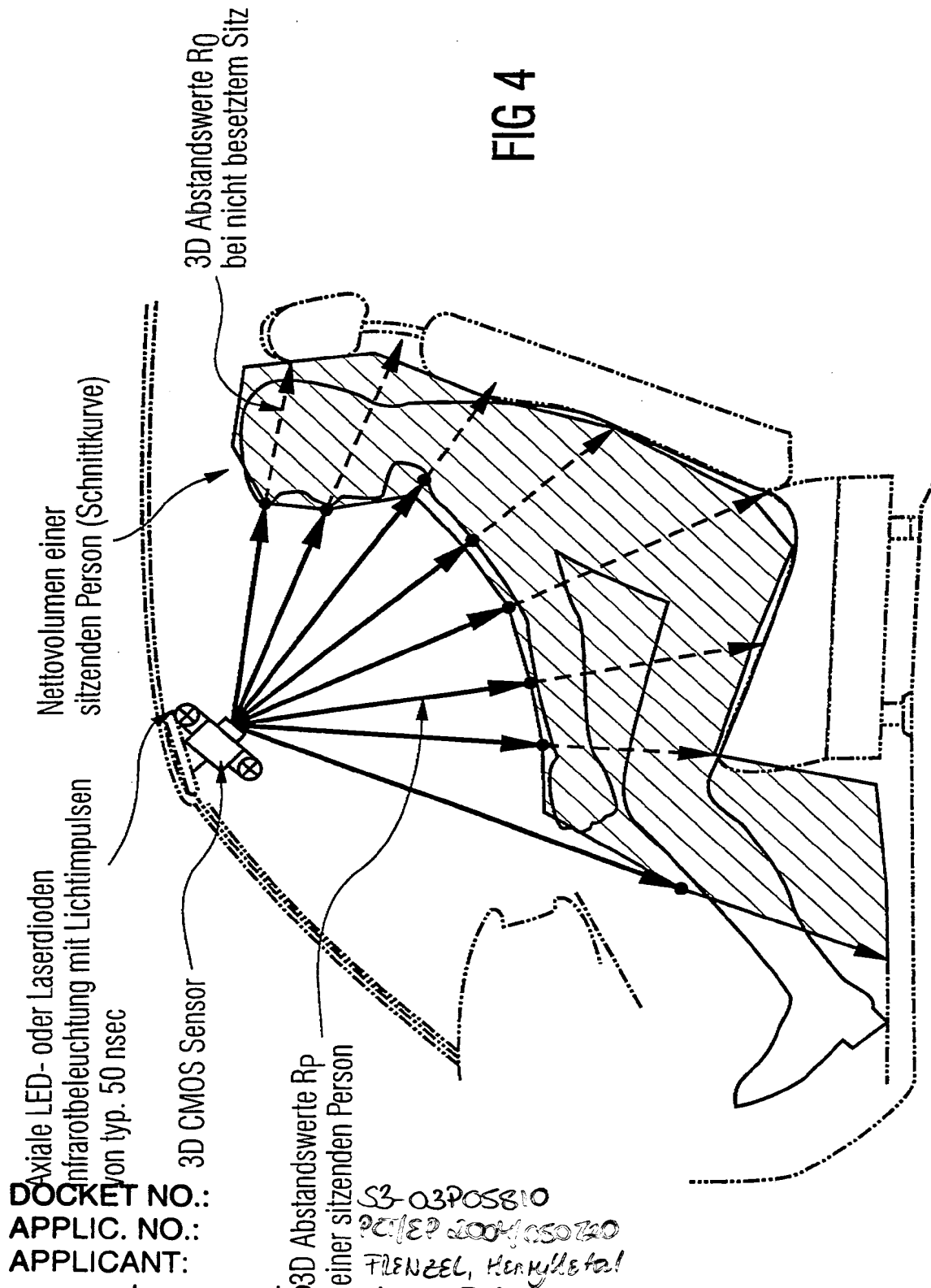
Pixelweises Auslesen der Bildpunkte B

3D Abstandsbild :

Pixelweise Differenzbildung und Normierung
(Bildpunkt A - Bildpunkt B)/Bildpunkt B

Letzt. Red. Gelehrter, P. A.
H. O. 808 8080
Hollmann & P. 80855
Tel.: (094) 852-1100

APPLICANT
APPLIC. NO.:
DOCKET NO.:



DOCKET NO.:
APPLIC. NO.:
APPLICANT:

S3-03POS810
PC/EP 2004/050740
FLENZEL, Henryk et al
Lerner and Greenberg, P.A.
P.O. Box 2480
Hollywood, FL 33022
Tel.: (954) 925-1100